

## 明 細 書

回折格子形成用の位相マスク、その製造方法および回折格子形成方法技術分野

本発明は、光ファイバー等の光導波路に回折格子を形成するための位相マスク、その製造方法および回折格子形成方法に関する。

従来の技術

光ファイバーは地球規模の通信に大革命をもたらし、高品質、大容量の大洋横断電話通信を可能にした。従来より、この光ファイバーに沿って、コア内に周期的な屈折率分布を作り出し、光ファイバー内にブラック回折格子をつくることが知られている。この場合回折格子の周期と長さ、屈折率変調の大きさによって、回折格子の反射率の高低と、波長特性の幅を決めることにより、その回折格子を、光通信用の波長多重分割器、レーザやセンサーに使用される狭帯域の高反射ミラー、ファイバープンにおける余分なレーザ波長を採り除く波長選択フィルター等として利用している。

しかし石英ファイバーの減衰を最小として、長距離通信システムに用いるためには、光の波長を $1.55\mu\text{m}$ とすることが好ましい。この波長を用いてファイバーの回折格子を使用するためには、格子間隔を約 $500\text{nm}$ とする必要があり、このような細かい構造をコアの中に作ること自体が、当初は難しいとされている。光ファイバーのコア内にブラック回折格子をつくるのに、側面研磨、フォトレジストプロセス、ホログラフィー露光、反応性イオンビームエッチング等からなる何段階もの複雑な工程が採られていた。この為、作製時間は長く、歩留りも低かった。

しかし、最近、紫外光をファイバーに照射し、直接コア内に屈折率に変化をもたらす回折格子を作る方法が知られるようになり、この紫外線を照射する方法は複雑なプロセスを必要としないため、周辺技術の進歩とともに次第に実施されるようになってきた。

この紫外光を用いる方法の場合、上記のように格子間隔は約 500 nm と細かい為、2本の光束を干渉させる干渉方法、エキシマレーザからのシングルパルスを集光して回折格子面を1枚ずつ作って1点ごとに書き込みを行なう方法、グレーディングをもつ位相シフトマスク（以降、単に位相マスクとも言う）を使って照射する方法等が採られている。

2光速を干渉させる干渉方法を行なう場合、横方向のビームの品質、即ち空間コヒーレンスに問題がある。1点ごとに書き込みを行なう方法では、サブミクロンの大きさの緻密なステップ制御が必要で、且つ、光を小さく絞り込み、多くの面を書き込むことが要求され、作業性にも問題があった。

このため、上記問題に対応できる方法として、位相マスクを用いる照射方法が注目されるようになってきた。

しかし、従来の位相マスクを用いて光ファイバーのコアに回折格子を形成する照射方法においては、反射スペクトル特性を良くするという理由から、光ファイバーのコアに対して長手方向に沿って屈折率を変調させるアポダイズ処理を行うことが必要となり、位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光を行っている。

あるいは、特開平7-140311号公報に図示されるように、空間振幅フィルターを位相マスクの前において該位相マスクを照明して、同様の効果を得る方法もある。

この方法の場合、位相マスクの照明光（紫外線ビーム）の強度分布を、予め定めた方法により位相マスクのグレーディングの長さ方向にそって変化させる。この場合、例えば、ガウシアン分布のように位相マスクの照明光を変化させる。

上記のように、従来、光通信用デバイスである光ファイバーの回折格子を製造するため位相マスクを用いて、照射する方法においては、反射スペクトル特性を良くするという理由から、光ファイバーの長手方向に屈折率を変調するアポダイズ処理が必要となる。この場合、位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光で行っていたため、手間がかかり、歩留まりの面からもこの対応が求められていた。

### 発明の開示

本発明は、このような点を考慮してなされたものであり、従来の位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光に代え、あるいは、空間振幅フィルターを位相マスクの前において露光を行なう方法に代え、位相マスクのみによる1回の露光方法により、光ファイバーの回折格子を形成することができる回折格子形成用の位相マスク、その製造方法および、回折格子形成方法を提供することを目的とする。

本発明は、光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を回折光を含む紫外線に対して露光し、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成するための回折格子形成用の位相マスクにおいて、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備え、パターンのD u t y比が、この位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、パターンのD u t y比は、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なう凹溝の幅を凹溝の位置に対応して調整することにより調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を回折光を含む紫外線に対して露光し、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成するための回折格子形成用の位相マスクにおいて、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備え、パターンの凹溝の深さは、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、対象物に周期が不連続変化する回折格子を形成することを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、対象物は、光導波路形成用の対象物であることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、対象物は、光ファイバー形成用の対象物であることを特徴とする回

折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、回折光を含む紫外線を、光媒体を形成するとともに感光部を含む対象物に露光して異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成する回折格子形成用の位相マスクであって、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクの製造方法において、透明基板を準備する工程と、透明基板に対する凹溝形成露光、製版およびエッチングからなるフォトリソ工程を施す工程とを備え、このフォトリソ工程中に凹溝形成露光の露光量を変化させて、パターンのDuty比が、この位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法である。

本発明は、フォトリソ工程において、凹溝形成露光中の露光量が多重露光法により調整されることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法である。

本発明は、回折光を含む紫外線を、光媒体を形成するとともに感光部を含む対象物に露光して異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成する回折格子形成用の位相マスクであって、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクの製造方法において、透明基板を準備する工程と、透明基板に対する凹溝形成露光、製版およびエッチングからなるフォトリソ工程を施す工程とを備え、このフォトリソ工程の工程数を変化させて、パターンの凹溝の深さが、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法である。

本発明は、フォトリソ工程中において、凹溝形成露光は電子線描画装置またはレーザ描画装置により行なわれることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法である。

本発明は、対象物は、光導波路形成用の対象物であることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、対象物は、光ファイバー形成用の対象物であることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクである。

本発明は、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクであって、パターンのD u t y比がこの位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されている回折格子形成用の位相マスクを用いた回折格子形成方法において、位相マスクを介して得られる回折光を含む紫外線により、光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を露光する工程と、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて、対象物に回折格子を形成する工程と、を備えたことを特徴とする回折格子形成方法である。

本発明は、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクであって、パターンの凹溝の深さが位置マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されている回折格子形成用の位相マスクを用いた回折格子形成方法において、位相マスクを介して得られる回折光を含む紫外線により、光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を露光する工程と、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて、対象物に回折格子を形成する工程と、を備えたことを特徴とする回折格子形成方法である。

尚、ここでは凹溝の幅と、凹溝間の凸条部の幅の比、（凹溝の幅）／（凸条部の幅）のことをD u t y比と言っている。

D u t y比を調整することにより、作製された、光ファイバーの0次光の影響を、光強度的に少なくすることができ、反射スペクトルのサイドローブを抑制することができる。

一般にはD u t y比が1の場合が、0次光の影響が最小で、1より離れるにしたがい次第にその影響が大きくなる。

また凹溝の深さを回折格子の座標位置で調整して異なるものとするによっても、D u t y比を調整する場合と同様、光ファイバーの0次光の影響を、光強度的に少なくすることができ、反射スペクトルのサイドローブを抑制することができる。

本発明の回折格子形成用の位相マスクは、このような構成にすることにより、光通信用デバイスである光ファイバーの回折格子の製造方法において、従来の位

相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光に代え、あるいは、特開平7-140311号公報の図3に図示される実施例のように、空間振幅フィルターを位相マスクの前において露光を行なう方法に代え、位相マスクのみによる1回の露光方法により、光ファイバーの回折格子を程度良く形成することができる。即ち、回折格子の形成とアポダイゼーションを一回の露光で行うことができる。

また、光ファイバーの回折格子を製造する際、従来と同様の露光装置が使用でき、先に述べた特開平7-140311号報に図示される実施例のように、露光のための装置構成が複雑になることもない。

特に、光ファイバーの回折格子を作製する際に、その反射スペクトル特性を良くするよう、凹溝を調整して、紫外線の回折効率が異なるようにしたもので、これにより、回折格子（グレーティング）作製のための露光回数を2回から1回に削減して、アポダイズ処理された光ファイバーを得ることが可能となり、光ファイバー回折格子を効率的に作業することができる。

勿論、本発明の回折格子形成用の位相マスクは、周期が不連続変化する回折格子作製にも適用できるである。

本発明の回折格子形成用の位相マスクの製造方法によれば、光通信デバイスである光ファイバーの回折格子の形成方法において、従来の位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光に代え、位相マスクを用いた1回の露光により、これと同等の効果をを得ることができる。

本発明の回折格子形成方法によれば、光通信デバイスである光ファイバーの回折格子形成方法において、従来の位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との2回の露光に代え、位相マスクを用いた1回の露光により、これと同等の効果をを得ることができる。

これにより、特に、光ファイバーの回折格子の作製を効率的なものにできる。

#### 図面の簡単な説明

図1Aは、本発明の回折格子形成用の位相マスクの実施の形態の第1の例の1断面を示した図。

図 1 B はパターン の D u t y 比 と 位置 と の 関係 を 示 し た 図。

図 2 A ～ 図 2 I は 図 1 A に 示 す 第 1 の 例 の 位 相 マ ス ク の 製 造 工 程 を 示 す 工 程 ご と の マ ス ク の 断 面 図 で あ る。

図 3 A は、本 発 明 の 回 折 格 子 形 成 用 の 位 相 マ ス ク の 実 施 の 形 態 の 第 2 の 例 の 断 面 を 示 し た 図。

図 3 B は 凹 溝 パ タ ー ン の 深 さ と 位 置 の 関 係 を 示 し た 図。

図 4 A ～ 図 4 H は、図 3 に 示 す 第 2 の 例 の 位 相 マ ス ク の 製 造 工 程 を 示 す 工 程 ご と の マ ス ク の 断 面 図。

図 5 A ～ 図 5 C は、光 ファイバ ー 加 工 と そ れ に 用 い ら れ る 位 相 マ ス ク を 説 明 す る た め の 図。

#### 発 明 を 実 施 す る た め の 最 良 の 形 態

以下、図面により本発明の実施の形態について説明する。まず図 5 A および図 5 B により、光ファイバ ー に位相マスクを用いて回折格子を形成する方法について説明する。

図 5 A に 示 す よ う に、石 英 基 板 1 1 0 の 1 面 に 凹 溝 1 1 1 を 所 定 の ピ ッ チ で 所 定 の 深 さ に 設 け た 位 相 マ ス ク 2 1 を 用 い、K r F エ キ シ マ レ ー ザ ( 2 4 8 n m ) を 照 射 し て 直 接 光 ファイバ ー 2 2 の コ ア 2 2 A に 屈 折 率 の 変 化 を も た ら し、回 折 格 子 を 作 製 す る。

尚、図 5 A は コ ア ( 遮 光 性 部 ) 2 2 A に お け る 干 渉 縞 パ タ ー ン 2 4 を 分 か り 易 く 拡大して示した図であり、図 5 B および図 5 C はそれぞれ位相マスク 2 1 の断面、および凹溝 1 1 1 を示している。図 5 A - 図 5 C に お い て、D、P は それ ぞ れ 凹 溝 1 1 1 の 深 さ、お よ び ピ ッ チ を 示 し て い る。

この凹溝 1 1 1 の深さは、露光光であるエキシマレーザ光 ( ビーム ) の位相  $\pi$  ラジアンだけ変化するように選択されており、0 次 光 ( ビーム ) 2 5 A は 位 相 マ ス ク 2 1 に よ り 抑 え ら れ、位 相 マ ス ク 2 1 か ら 出 る 主 な 光 ( ビーム ) は、回 折 光 を 含 む プ ラ ス 1 次 の 回 折 光 2 5 B と 1 マ イ ナ ス 1 次 の 回 折 光 2 5 C と に 発 散 さ れ る。

このため、このプラス 1 次 の回折光 2 5 B ないしマイナス 1 次 の回折光 2 5 C に

より所定のピッチで光ファイバー 22 のコア 22 A に対して照射を行い、このピッチ  $p$  における屈折率変化を光ファイバー 22 内にもたらし、回折格子（24 参照）を形成する。

次に本発明による回折格子形成用の位相マスクについて説明する。

図 1 A は、本発明の回折格子形成用の位相マスクの実施の形態の第 1 の例の一断面を示した図で、図 1 B はパターン D u t y 比と X 方向位置との関係を示した図で、図 2 A－図 2 I は図 1 A に示す第 1 の例の位相マスクの製造工程を示す工程断面図で、図 3 A は本発明の回折格子形成用の位相マスクの実施の形態の第 2 の例の一断面を示した図で、図 3 B は凹溝パターンの深さと X 方向位置の関係を示した図で、図 4 A－図 4 H は図 3 A に示す第 2 の例の位相マスクの製造工程を示す工程断面図である。

尚、X 方向は、凹溝パターンの長さ方向に直交する方向である。

図 1 A～図 3 B において、110 は透明基板（石英基板）、111 は凹溝、112 は凸条部、120 は遮光膜（クロム膜）、121 は遮光膜 120 の開口、130 はレジスト、131 はレジスト 130 の開口、140 は電子ビーム、210 は透明基板（石英基板）、211、211 a、211 b、211 c は凹溝部、212 は凸条部、220 は遮光膜（クロム膜）、221 は遮光膜 220 の開口、230 はレジスト、231 はレジスト 230 の開口、240 は電子ビームである。

はじめに、本発明の回折格子形成用の位相マスクの実施の形態の第 1 の例を図 1 A に基づいて説明する。

本例の位相マスク 21 は、透明基板 110 を有し、透明基板 110 の一面に格子状の複数の凹溝 111 からなる繰り返しパターン 111 P が設けられている。凹溝 111 からなる繰り返しパターン 111 P により生じた回折光の紫外線を光媒体を形成するための対象物に照射して、異なる次数の回折光相互の干渉縞により、前記対象物中の感光性部に屈折率変化を起こさせる。回折格子を作製する際の位相マスク 21 を用いた露光が、アポダイズ処理用の露光となるように、パターン 111 P の D u t y 比が回折格子の座標位置に対応して調整されている。

凹溝 111 作製のための、露光、製版、エッチングからなる 1 連のフォトリソ工程において、回折格子の座標位置に対応して露光量を調整して、パターン D u



t y 比を座標位置に対応して調整する。

例えば、図 1 B に示すように、凹溝 1 1 1 の幅 W は 8 段階（8 ステップとも言う）となっており、凹溝 1 1 1 の深さ H<sub>0</sub> は同一となっている。ここで図 1 A において、センター A<sub>0</sub> の凹溝と、センター A<sub>0</sub> から X<sub>1</sub> 離れた位置 A<sub>1</sub> の凹溝が示されている。

第 1 の例の位相マスクの製造方法の 1 例を図 2 A－図 2 H により説明する。

図 2 A－図 2 H において、凹溝 1 1 1 作製のための、露光、製版、エッチングからなる 1 連のフォトリソ工程において、電子線描画装置による多重描画により、回折格子の座標位置に応じて、露光量を調整して露光を行なう。

露光量調整のための露光方法としては、これに限定はされない。

先ず、光ファイバー 2 2 中に回折格子 2 4 を作製する際の露光光に対して透明な透明基板 1 1 0 を準備し、その一面に、透明基板 1 1 0 に凹溝 1 1 1 を形成するエッチング（ドライエッチング）に対して耐性のあるクロム等の遮光膜 1 2 0 を続ける（図 2 A）。次にこの透明基板 1 1 0 に対し、電子ビームに感応性のポジ型のレジスト 1 3 0 を塗布する。（図 2 B）。

次いで、電子ビーム描画装置にて、所定の露光量（ドーズ量とも言う）D<sub>0</sub>で、凹溝 1 1 1 形成部を露光して、第 1 回目の凹溝形式露光を行なう（図 2 C）。

次いで、各凹溝 1 1 1 形成部に、その凹溝 1 1 1 の長さ方向に直交する方向である X 方向座標位置に対応して、所定の露光量 P<sub>1</sub> にて 1 回ないし数回重ね露光を行ない、X 方向座標位置に対応して、トータル露光量を変化させる（図 2 B）。

X 方向座標位置に対応した露光量については、シュミレーションあるいは実作業の繰り返しにより、得ることができる。

次いで現像処理を行ない、凹溝 1 1 1 形成箇所にレジスト 1 3 0 の開口 1 3 1 を設ける。この開口幅は、露光量に対応して変化して得られる（図 2 E）。

次いで、レジスト 1 3 0 の開口 1 3 1 から露出した遮光膜 1 2 0 をエッチング除去する（図 2 F）。

エッチングは、通常、塩素系のガスによるドライエッチングにより行なう。

次いで透明基板 1 1 0 に対し、遮光膜 1 2 0 をマスクとして、フッ素系のガスを用いたドライエッチングを行ない、所定の深さの凹溝 1 1 1 を形成する（図 2

G)。

次いで、レジスト 120 を除去し (図 2 H)、更に、遮光膜 120 を除去して、位相マスク 21 を得る (図 2 I)。

このようにして、第 1 の例の位相マスク 21 は形成される。

次に、本発明の回折格子形成用の位相マスクの実施の形態の第 2 の例を図 3 A—図 3 B に基づいて説明する。

本例の位相マスク 21 は、透明基板 210 を有し、透明基板 210 の一面に格子状の複数の凹溝 211 からなる繰返しパターンが設けられている。凹溝 211 からなる繰返しパターン 211 により生じた回折光の紫外線を光媒体を形成するための対象物に照射して、異なる次数の回折光相互の干渉縞により、前記対象物中の感光性部に屈折率変化を起こさせる。回折格子を作製する際の前記位相マスク 21 を用いた露光が、アポダイズ処理用の露光となるように、凹溝 211 の深さが回折格子の座標位置に対応して調整されている。

凹溝 211 作製のための、露光、製版、エッチングからなる 1 連のフォトリソ工程において凹溝の座標位置に対応してエッチング量調整する。

例えば、図 3 B に示すように、凹溝 211 の深さ  $H$  は 8 段階 (8 ステップとも言う) となっており、凹溝 211 の幅  $W_0$  は同一となっている。

ここで、図 3 A において、センター  $B_0$  の凹溝と、センター  $B_0$  から  $X_2$  離れた位置  $B_1$  の凹溝が示されている。

第 2 の例の位相マスク 21 の製造方法の 1 例を図 4 A—図 4 H にしたがって説明する。

ここでは、凹溝 211 作製のための、露光、製版、エッチングからなる 1 連のフォトリソ工程を複数回行なう。その際、回折格子の座標位置に対応してエッチング量を調整し、凹溝 211 の深さが回折格子の座標位置に対応して調節されるようにする。

深さを回折格子の座標位置で所定の分布にするための方法としては、これに限定はされない。

はじめに、センター  $B_0$  から  $X$  方向距離  $L_1$  の外側の凹溝部 211 を形成する。

先ず、図 2 A—図 2 H に示す製造方法と同様、光ファイバー 22 中に回折格子

24を作製する際の露光光に対して透明な透明基板210を準備し、その一面に、透明基板211に凹溝211を形成するエッチング（ドライエッチング）に耐性のあるクロム等の遮光膜220を設ける（図4A）。次にこの透明基板210に対し、電子ビームに感応性のポジ型レジスト230を塗布する（図4B）。

次いで、電子ビーム描画装置にて、所定の露光量（ドーズ量とも言う）Dで、センター $B_0$ からX方向距離L1の外側の凹溝部形成箇所を露光する露光を行なう（図4C）。

次いで、現像処理を行ない、センター $B_0$ からX方向距離L1の凹溝211a形成箇所にレジスト230の開口231を設け、レジスト230の開口231および遮光膜220の開口221から露出した遮光膜220をエッチング除去し、更に、透明基板210に対し、遮光膜220をマスクとして、フッ素系のガスを用いたドライエッチングを行ない、所定の深さの凹溝211aを形成する（図4D）。

次いで、レジスト220を除去する（図4E）

このようにして、センター $B_0$ からX方向距離L1の外側の凹溝211aを形成する。

以下、同様にして、漸次、センター $B_0$ からのX方向の距離を変えて、その距離の位置の凹溝211bを形成する。このような処理を全ての凹溝形成箇所に対して行なう（図4F～図4H）。

そして、全ての凹溝211a、211b、211cを形成した後、残存する遮光膜220を除去して、図3に示す第2の例の位相マスク21を得る（図4H）。

このようにして、第2の例の位相マスクは形成される。

### 具体的実施例

実施例を挙げて、更に、本発明の具体的実施例を説明する。

実施例は、図1に示す、第1の例の位相マスクを、図2A～図2Hに示す位相マスクの製造方法により作製したものである。

ピッチ1.06 $\mu$ mの複数の凹溝111からなり長さ10mmのパターン（回折格子パターン）111Pを形成する。

図 1、図 2 に基づいて説明する。

石英基板からなる透明基板 110 上に、クロムからなる遮光膜 120 を 1100 Å 厚に設けた (図 2 A)。次に、遮光膜 120 上に、ポジ型の電子ビームレジスト 130 である ZEP7000 (日立ゼオン製) を厚さ 500 nm に塗布、乾燥して設けた (図 2 B)。

次いで、電子線描画装置 MEBES III (Applied Materials 社製) により、所定の露光量 (ドーズ量とも言う)  $4 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  で、凹溝形成部を露光し、第 1 回目の露光を行なう (図 2 C)。

次いで、各凹溝 111 形成部に、その凹溝に直交する方向である X 方向座標位置に対応して、所定の露光量  $0.2 \mu\text{C}/\text{cm}^2$  にて 1 回ないし数回量ね露光を行ない、X 方向座標位置に対応して、トータル露光量を、所望の露光量とした (図 2 D)。

X 方向座標位置に対応した露光量については、シミュレーションにて求めた。

露光後、現像処理を行ない、凹溝 111 形成箇所にレジストの開口 131 を設けた。開口 131 の開口幅は、露光量に対応して変化して得られた (図 2 E)。

次いで、レジスト 130 の開口 131 から露出したクロム膜 (遮光膜 120) を、 $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  ガスを用いてドライエッチングし、開口 121 を設けた (図 2 F)。

次いで、クロム (遮光膜 120) をマスクとして、レジスト 130 の開口 131、クロム (遮光膜 120) の開口 121 から露出した透明基板 110 を、 $\text{CF}_4$  ガスを用いてドライエッチングし、光ファイバー作製における露光波長 248 nm の半波長である、深さ 250 nm の凹溝 111 を形成した (図 2 G)。

この後、70°C の硫酸にて残存するレジスト 130 を剥離し、更に、硝酸第二セリウムアンモニウム溶液により遮光膜 120 をエッチング除去し、洗浄処理を経て、ピッチ 1.06  $\mu\text{m}$  の複数の凹溝 111 からなり長さ 100 mm のパターン 111 P を形成し、その凹溝 111 の幅を座標位置により変えた。

このようにして、図 1 に示す第 1 の例の回折格子用の位相マスク 121 を製造した。

凹溝部パターン 1 1 1 P の D u t y 比の分布は、図 1 B に示すようになった。

作製された位相マスク 2 1 を用いて、光ファイバーの回折格子を作製した。このように D u t y 比を調整することにより、光ファイバーの 0 次光の影響を、光強度的に少なくすることができ、反射スペクトルのサイドローブを抑制することができた。

光ファイバーの回折格子を形成する際の露光において、0 次項比率を少なく制御することができた。

このように光ファイバーの回折格子を形成するために用いられる位相マスクにより、アポダイズ露光が可能な位相マスクを製造することができた。

本発明によれば、従来の位相マスクを介する露光とアポダイズ関数露光との 2 回の露光に代え、あるいは、特開平 7 - 1 4 0 3 1 1 号公報の図 3 に図示されるその実施例のように、空間振幅フィルターを位相マスクの前において露光を行なう方法に代え、位相マスクのみによる 1 回の露光方法により、精度良く光りファイバーに回折格子を形成することができる。

### 請求の範囲

1. 光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を回折光を含む紫外線に対して露光し、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成するための回折格子形成用の位相マスクにおいて、

一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備え、

パターンのD u t y比が、この位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスク。

2. パターンのD u t y比は、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なう凹溝の幅を凹溝の位置に対応して調整することにより調整されていることを特徴とする請求項1記載の回折格子形成用の位相マスク。

3. 光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を回折光を含む紫外線に対して露光し、異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成するための回折格子形成用の位相マスクにおいて、

一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備え、

パターンの凹溝の深さは、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスク。

4. 対象物に周期が不連続変化する回折格子を形成することを特徴とする請求項1または3記載の回折格子形成用の位相マスク。

5. 対象物は、光導波路形成用の対象物であることを特徴とする請求項1または3記載の回折格子形成用の位相マスク。

6. 対象物は、光ファイバー形成用の対象物であることを特徴とする請求項5記載の回折格子形成用の位相マスク。

7. 回折光を含む紫外線を、光媒体を形成するとともに感光部を含む対象物に露光して異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成する回折格子形成用の位相マスクであって、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクの製造方法において、

透明基板を準備する工程と、

透明基板に対する凹溝形成露光、製版およびエッチングからなるフォトリソ工程を施す工程とを備え、

このフォトリソ工程中に凹溝形成露光の露光量を変化させて、パターンのDuty比が、この位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法。

8. フォトリソ工程において、凹溝形成露光中の露光量が多重露光法により調整されることを特徴とする請求項7記載の回折格子形成用の位相マスクの製造方法。

9. 回折光を含む紫外線を、光媒体を形成するとともに感光部を含む対象物に露光して異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて対象物に回折格子を形成する回折格子形成用の位相マスクであって、一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクの製造方法において、

透明基板を準備する工程と、

透明基板に対する凹溝形成露光、製版およびエッチングからなるフォトリソ工程を施す工程とを備え、

このフォトリソ工程の工程数を変化させて、パターンの凹溝の深さが、位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されていることを特徴とする回折格子形成用の位相マスクの製造方法。

10. フォトリソ工程中において、凹溝形成露光は電子線描画装置またはレーザー描画装置により行なわれることを特徴とする請求項7または9記載の回折格子形成用の位相マスクの製造方法。

11. 対象物は、光導波路形成用の対象物であることを特徴とする請求項7または9記載の回折格子形成用の位相マスク。

12. 対象物は、光ファイバー形成用の対象物であることを特徴とする請求項11記載の回折格子形成用の位相マスク。

13. 一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクであって、パターンのDuty比がこの位相マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されている回折格子形成用の位相マスクを用いた回折格子形成方法において、

位相マスクを介して得られる回折光を含む紫外線により、光媒体を形成するとともに感光性部を含む対象物を露光する工程と、

異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じさせて、対象物に回折格子を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする回折格子形成方法。

14. 一面に複数の凹溝からなるパターンを有する透明基板を備えた位相マスクであって、パターンの凹溝の深さが位置マスクにより露光した場合にアポダイズ処理用の露光を行なうよう凹溝の位置に対応して調整されている回折格子形成用の位相マスクを用いた回折格子形成方法において、

位相マスクを介して得られる回折光を含む紫外線により、光媒体を形成すると



ともに感光性部を含む対象物を露光する工程と、  
異なる次数の回折光相互の干渉縞により対象物の感光性部に屈折率変化を生じ  
させて、対象物に回折格子を形成する工程と、  
を備えたことを特徴とする回折格子形成方法。

要 約 書

位相マスクは透明基板を備え、当面基板の一面に複数の凹溝の繰り返しパターンが設けられている。凹溝の繰り返しパターンによる回折光の紫外線を光媒体を形成するための対象物に照射して、異なる次数の回折光相互の干渉縞により、前記対象物中の感光性部に屈折率変化を起こさせて回折格子を作製する。回折格子を作製する際の前記位相マスクを用いた露光が、アポダイズ処理用の露光となるように、パターンのD u t y比が座標位置に対応して調整されている。